

Олимпиада «Физтех» по физике, с

Класс 10

Вариант 10-02

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.

2) Найти время полета гайки.

3) С какой высоты была брошена гайка?

Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

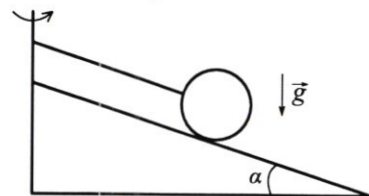
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

3) За какое время человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.

2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

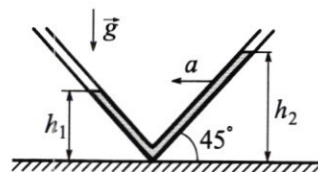


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?

2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

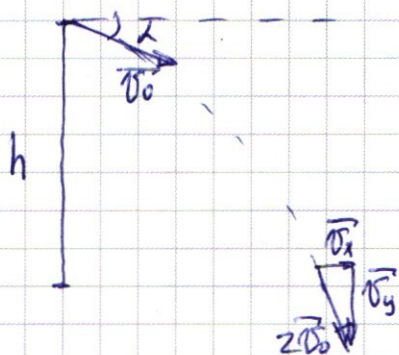
1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5,6$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

(N1)



$$v_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_y = ?$$

$$t = ?$$

$$h = ?$$

Т.к. в полете гайка все время приближалась к горизонтальной пов-ти Земли $\Rightarrow$ $\Rightarrow$ вектор скорости изначально был направлен так как показано на рисунке.

$$1) v_x = \text{const} = v_0 \cos \alpha$$

$$4v_0^2 = v_x^2 + v_y^2 \Rightarrow v_y = \sqrt{4v_0^2 - v_x^2} = v_0 \sqrt{4 - \cos^2 30^\circ} =$$

$$= 10 \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = 10 \sqrt{\frac{13}{4}} = \frac{10\sqrt{13}}{2} = 5\sqrt{13} \approx 5 \cdot 3,6 \approx 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

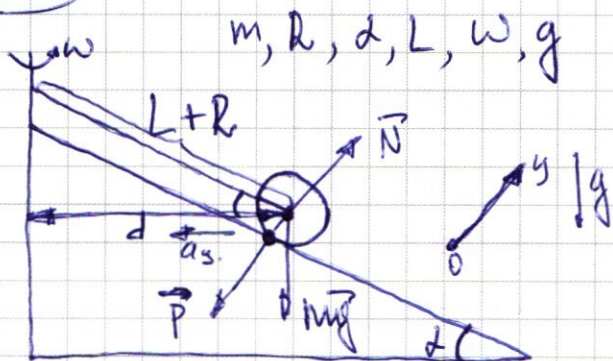
$$2) v_y = v_{0y} + gt \Rightarrow t = \frac{v_y - v_{0y}}{g} = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{18 - 10 \cdot \frac{1}{2}}{10} =$$

$$= \frac{13}{10} = 1,3 \text{ с.}$$

$$3) h = v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{gt^2}{2} = 10 \cdot \frac{1}{2} + \frac{10 \cdot 1,3^2}{2} = 5 + 5 \cdot 1,3^2 = 5 + 8,45 = 13,45 \text{ м}$$

Ответ: 1) $v_y \approx 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ 2) $t \approx 1,3 \text{ с}$ 3) $h \approx 13,45 \text{ м}$.

(N3)



$$1) |N| = |P| \quad \text{ОУ: } mg \cos \alpha = N \Rightarrow P = mg \cos \alpha$$

$$2) |R_y| = \frac{v^2}{d} = \frac{\omega^2 d^2}{d} = \omega^2 d, \text{ где } d = (L+R) \cos \alpha \Rightarrow |R_y| = \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

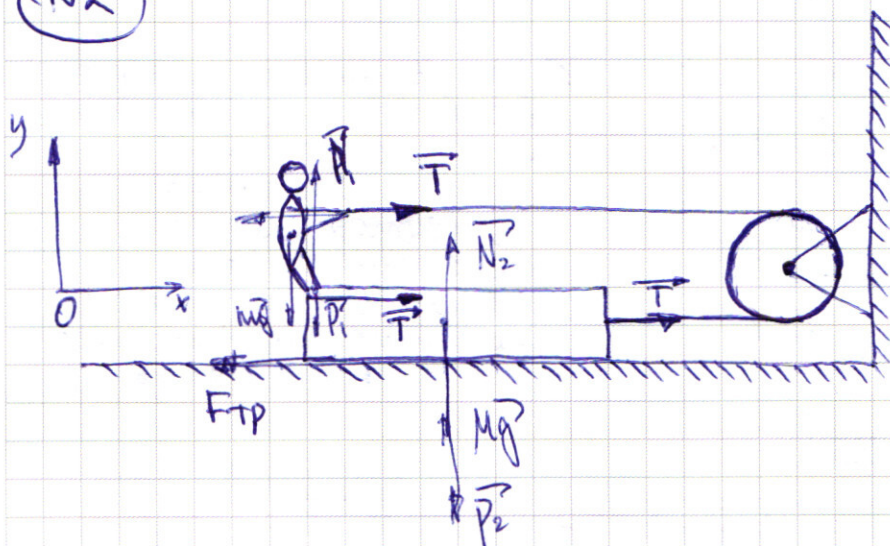
$$3) \text{ОУ: } m a_y \sin \alpha = mg \cos \alpha - N' \\ N' = m(g \cos \alpha - a_y \sin \alpha)$$

$$N' = m(g \cos \alpha - \omega^2(L+R) \cos \alpha \sin \alpha) = m(g \cos \alpha - \omega^2(L+R) \sin(2\alpha))$$

$$P' = N' = m(g \cos \alpha - \omega^2(L+R) \sin(2\alpha))$$

Ответ: 1) $P = mg \cos \alpha$ 2) $P' = m(g \cos \alpha - \omega^2(L+R) \sin(2\alpha))$

(N2)



1) человек:

$$Oy: mg = N_1$$

$$N_1 = P_1 = mg$$

брусок:

$$Oy: Mg + P_1 = N_2$$

$$2mg + mg = N_2 = 3mg$$

$$N_2 = P_2 = 3mg$$

2) Т.к. человек опирается в ящик ногами, и при этом находится в состоянии покоя относительно ящика $\Rightarrow$ человек действует на ящик с такой же силой T , с которой он тянет канат.

$$Ox: 2T = F_{тр \max} = 3mg$$

$$T = \frac{3mg}{2} = F_0$$

3) $F > F_0 \Rightarrow$ ^{с человеком} ящик движется с некоторым ускорением a .

$$Ox: 3ma = 2T - 3mg$$

$$a = \frac{2T - 3mg}{3m}$$

$$S = \frac{at^2}{2} = \frac{(2T - 3mg)t^2}{6m}$$

$$\Rightarrow t^2 = \frac{6ms}{2T - 3mg}$$

$$\Rightarrow t^2 = \frac{6ms}{2F - 3mg} \quad T = F \Rightarrow t^2 = \frac{6ms}{2F - 3mg} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{6ms}{2F - 3mg}}$$

Ответ: 1) $P_2 = 3mg$, 2) $F_0 = \frac{3mg}{2}$, 3) $t = \sqrt{\frac{6ms}{2F - 3mg}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5

$$T = 27^\circ \text{C} = 300 \text{K}$$

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{Па}$$

$$\rho = 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, M = \frac{182}{\text{моль}}$$

$$\gamma = 5,6$$

1) в начальном состоянии:

$$pV_n = \nu RT = \frac{m_n}{M} RT$$

$$\frac{m_n}{V_n} = \frac{pM}{RT} = \rho_n = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{Па} \cdot 182 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{К}} =$$

$$= \frac{63,9}{2493} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \approx 0,025 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 25 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{25 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 25 \cdot 10^{-6}$$

2)



В сосуде может находиться либо пар, либо вода, либо пар с водой.

Пусть объем сосуда $= V$, т.к. изначально сосуд был полностью заполнен паром $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ конечный объем пара $V_n = \frac{V}{\gamma}$

тогда объем воды $V_0 = V - V_n = V - \frac{V}{\gamma} = \frac{V - V}{\gamma} = \frac{V(\gamma - 1)}{\gamma}$

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{\frac{V}{\gamma}}{\frac{V(\gamma - 1)}{\gamma}} = \frac{1}{\gamma - 1} = \frac{1}{5,6 - 1} = \frac{1}{4,6} \approx 0,21$$

Ответ: 1) $\frac{\rho_n}{\rho_0} \approx 25 \cdot 10^{-6}$ 2) $\frac{V_n}{V_0} \approx 0,21$

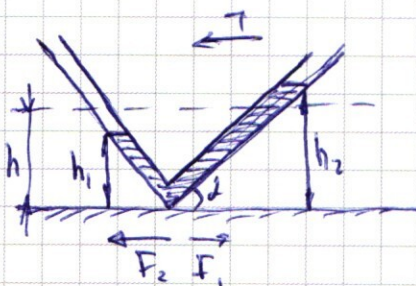
N4

$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$h = 0,1 \text{м}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



Пусть в состоянии равновесия в каждой трубке уровень жидкости $= h$.

$$1) 23 \text{Н: } m a = p_2 S - p_1 S =$$

$$= \rho g h_2 S - \rho g h_1 S = \rho g (h + \Delta h) S -$$

$$- \rho g (h - \Delta h) S$$

$$ma = \cancel{Sg\Delta h} + Sg\Delta h - \cancel{Sg\Delta h} + Sg\Delta h = 2Sg\Delta h$$

$$m = 2S\Delta h$$

$$\cancel{2S\Delta h}a = \cancel{2Sg\Delta h}$$

$$\Delta h = \frac{ha}{g}$$

$$h_1 = h - \Delta h = \cancel{h} - \frac{ha}{g} = \frac{h(g-a)}{g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h = \frac{h_1 g}{g-a} = \frac{0,1 \cdot 10}{10-4} = \frac{1}{6} \text{ м}$$

$$\Delta h = \frac{1 \cdot 4}{6 \cdot 10} = \frac{2}{30} = \frac{1}{15} \text{ м} \Rightarrow h_2 = h + \Delta h =$$

$$= \frac{1}{6} + \frac{1}{15} = \frac{7}{30} \text{ м} \approx 0,23 \text{ м} = 23 \text{ см}$$

$$2) a=0 \Rightarrow E_n \rightarrow E_k$$

$$mg\Delta h = \frac{mv^2}{2}$$

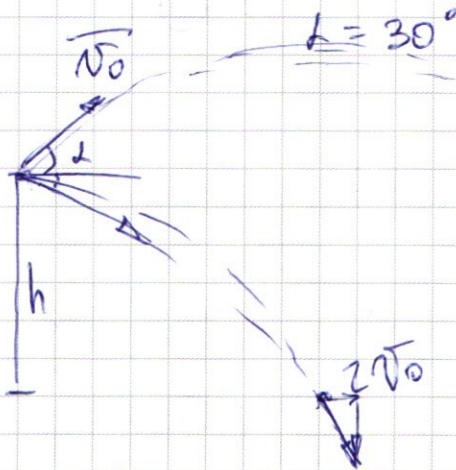
$$v = \sqrt{2g\Delta h} = \sqrt{20/15} = \frac{2}{\sqrt{3}} \approx \frac{2}{1,7} \approx 1,177 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\text{Ответ: } 1) h_2 \approx 23 \text{ см}$$

$$2) v \approx 1,177 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1



$$\sin 30 = \frac{1}{2}$$

$$\cos 30 = \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$v_x = v_0 \cos \alpha = \text{const}$$

$$4v_0^2 = v_x^2 + v_y^2$$

$$v_y = \sqrt{4v_0^2 - v_x^2} =$$

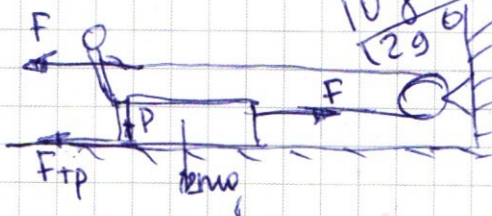
$$= \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = \sqrt{v_0^2 (4 - \frac{3}{4})} = \sqrt{v_0^2 \frac{13}{4}} = \frac{v_0 \sqrt{13}}{2}$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha + gt$$

$$t = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$h = v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2}$$

N2



$$A_{tr} = \mu mg \Delta S$$

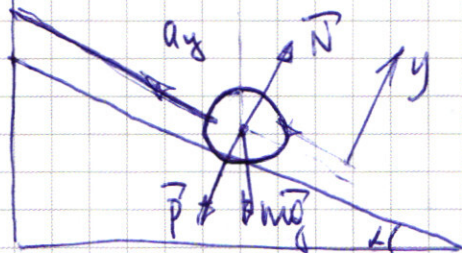
$$\frac{3,5}{1,3,5} \quad 2$$

$$\frac{3,2}{3,2} \quad 1$$

$$\cos 30 = \sqrt{1 - \frac{1}{4}} =$$

$$\frac{1,3}{1,3} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

N3

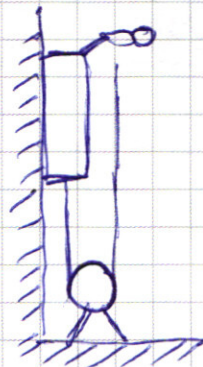


$$\cos \alpha \sin \alpha = \sin 2\alpha$$

$$|P| = |N|$$

$$mg \cos \alpha = N$$

$$P = mg \cos \alpha$$



$$a_y = \frac{v^2}{L}$$

~~WZBL~~

$$v = \omega L$$

$$m a_y = mg \sin \alpha$$

$$\omega = \text{const}$$

$$L \uparrow \Rightarrow v \uparrow$$

$$v = \omega L$$

N4

$$a_y = \frac{\omega^2 L^2}{r} = \omega^2 L$$

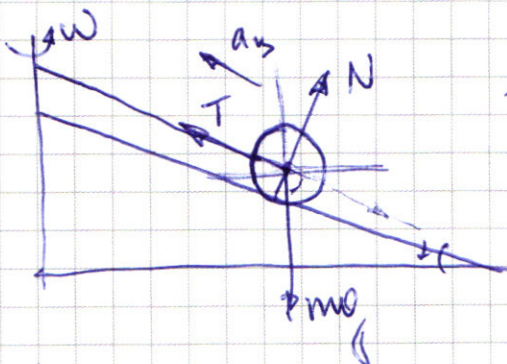
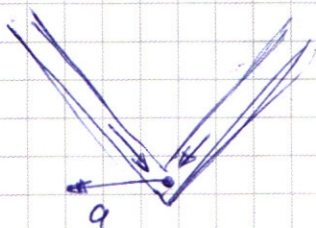


$$h + \Delta h =$$

$$h - \Delta h = h_1$$

$$h + \Delta h = h_2$$

$$\frac{mv^2}{c^2} = M^2$$



$$\omega = \frac{v}{L}$$

$$m a_y = T - mg \sin \alpha$$

$$mg \cos \alpha = N$$

$$|P| = N$$

$$mg \sin \alpha = T$$

$$mg \cos \alpha = N$$

$$(L+R) \cos \alpha = d$$

~~*~~

$$m a_y \sin \alpha = mg \cos \alpha - N$$

$$N = m(g \cos \alpha - a_y \sin \alpha) = m(g \cos \alpha -$$

$$\frac{\omega^2 (L+R)^2 \cos^2 \alpha}{(L+R)}$$



черновик



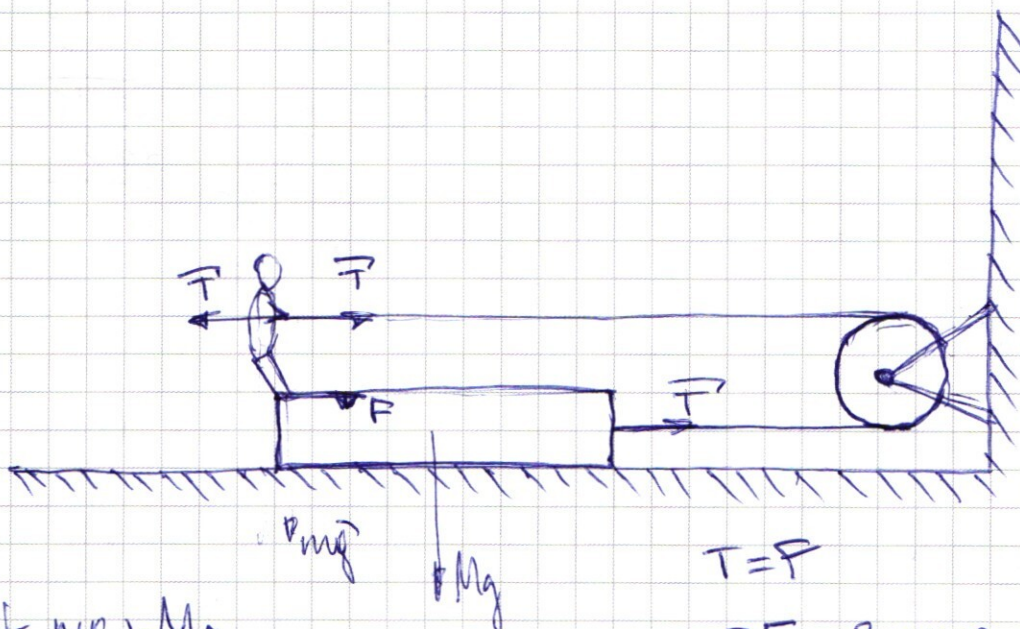
чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$N = mg + Mg$$

$$A_{\text{тр}} = 3mgS$$

$$3ma = 2F$$

$$a = \frac{2F}{3m}$$

$$S = \frac{at^2}{2} = \frac{2Ft^2}{2 \cdot 3m}$$

$$3mS = Ft^2$$

$$t = \sqrt{\frac{3mS}{F}}$$

$$\begin{array}{r} 100 \text{ } | 46 \\ - 92 \\ \hline 80 \end{array} \quad \begin{array}{r} 0,201 \end{array}$$

$$T = F$$

$$2F_0 = 3mg$$

$$F_0 = \frac{3mg}{2}$$

$$0,2 - 1$$

$$0,4 - 2$$

$$0,6 - 3 \quad \begin{array}{r} 59h21 \\ 5 \\ \hline 296h2 \end{array}$$

$$0,8 - 4$$

$$2 \quad h$$

$$\begin{array}{r} 59h \\ 5 \\ \hline 296h2 \end{array}$$

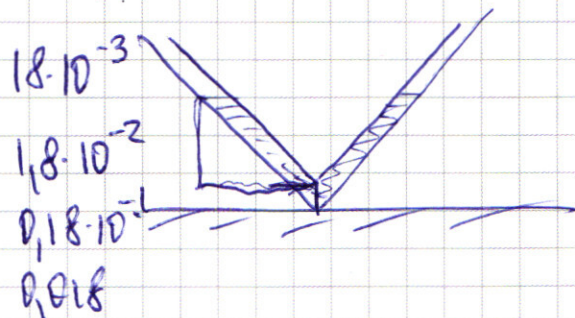
$$\begin{array}{r} 986h \\ 2 \\ \hline 1973 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,201 \\ 0,201 \\ \hline 0,402 \\ 0,804 \\ \hline 1,608 \\ 0,402 \\ \hline 2,010 \end{array}$$

$$0,018 \text{ кг}$$

$$p_k = \frac{p_2}{p_1} \text{ м м}$$

$$R = \frac{pV}{T} =$$



$$p_1 \frac{V}{\gamma} = \rho R T = \frac{p_k \cdot M^3}{\text{мол} \cdot \text{К}}$$

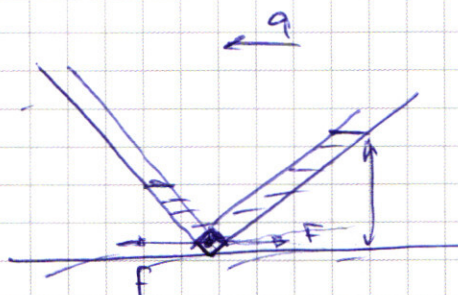
$$pV = \rho R T$$

$$pS = F$$

$$\rho S =$$

$$V = \frac{\rho R T}{p}$$

$$\begin{array}{r} 3,55 \\ 18 \\ \hline 2840 \\ 355 \\ \hline 6390 \end{array}$$



$$m a = \rho g h_2 S - \rho g h_1 S$$

$$m a = \rho g S (h_2 - h_1)$$

$$S \rho S$$

$$\sin \alpha = \frac{h_2 - h_1}{d}$$

$$\int \rho g S \frac{(h_2 - h_1)}{m} dm$$

$$W = \frac{1}{2} \rho g S (h_2 - h_1)^2$$

$$\left(V - \frac{V}{\gamma} \right) = V_0$$

$$\frac{V}{\gamma}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ 300 \\ \hline 2493,00 \end{array}$$



$$T = 27^\circ \text{C} = 300 \text{ K}$$

$$T = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\frac{S_n}{S_b}$$

$$T = \text{const}$$

$$pV = \rho R T$$

$$V = \frac{\rho R T}{p} = \frac{m}{M} \frac{R T}{p}$$

$$\frac{m}{V} = \frac{p M}{R T} = \rho_n$$

$$V p = \frac{m}{M} R T$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

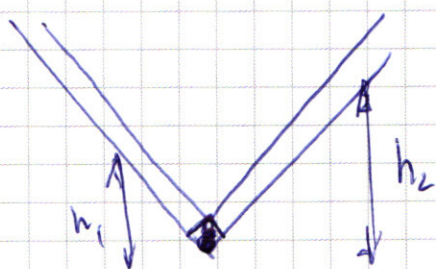
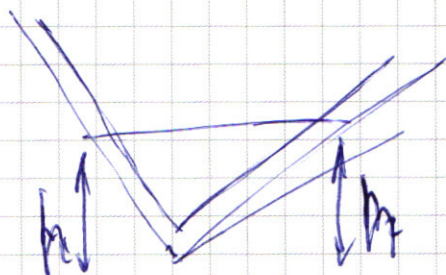
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № ____
(Нумеровать только чистовики)

24



$\rho g h$

$\rho g (h - \Delta h)$

$\rho g \Delta h$

$m = \rho S \Delta h$

ma

$\rho g h S$

$$\begin{array}{r} 20 \\ 17 \\ \hline 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ 5 \\ \hline 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ 5 \\ \hline 3 \end{array}$$

$$ma = F_1 - F_2 = p_1 S - p_2 S = \rho g h_1 S - \rho g h_2 S$$

$$\rho g (h + \Delta h) S - \rho g (h - \Delta h) S = ma$$

$$\rho g S h + \rho g S \Delta h - \rho g S h + \rho g S \Delta h = ma$$

$$2 \rho g S \Delta h = ma = 2 \rho g h S a$$

$$\Delta h = \frac{ha}{g}$$

$$h - \Delta h$$

$$\begin{array}{r} 70 \\ 60 \\ \hline 100 \end{array} \begin{array}{r} 30 \\ 23 \end{array}$$